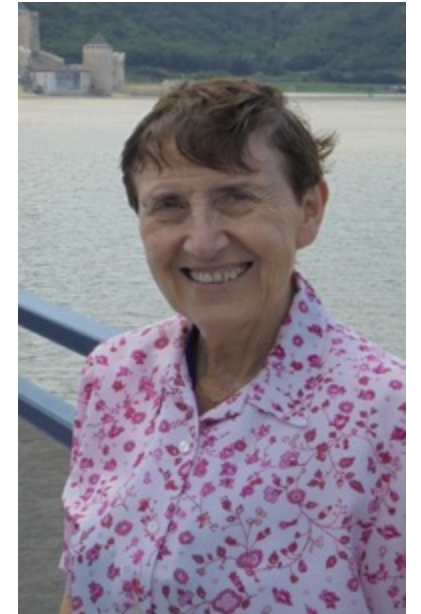


# Claudine Hermann



Une physicienne au cœur de  
l'aventure scientifique  
et  
une militante infatigable  
pour une juste place des femmes en sciences



## **Claude Weisbuch**

Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, École Polytechnique, France  
Materials Department, University of California, Santa Barbara, California, USA

# *Les années de formation*

- Née le 19 décembre 1945 à Paris
- 1965 : intègre l'**École normale supérieure de jeunes filles** (Sèvres, aujourd'hui fusionnée avec l'ENS Ulm)
- 1969 : Agrégation de physique, et thèse de 3<sup>e</sup> cycle à l'ENS « Recombinaison et photoconductivité dans le tellure »
- 1969-1980 : enseignante à l'ENSJF (Prépare à l'agrégation)
- 1969 : rejoint le **Laboratoire de physique de la matière condensée** (LPMC) de l'École polytechnique pour y commencer sa thèse d'état. Dans le labo : Georges Lampel, son directeur de thèse



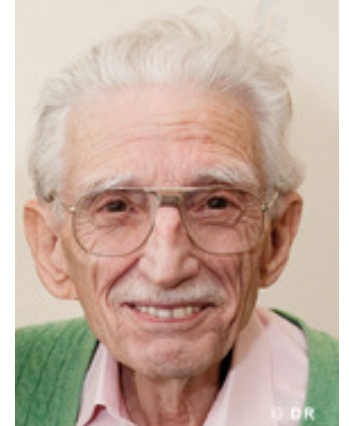
# *Lumière sur la matière*

- Le LPMC, un laboratoire pionnier pour les recherches sur le spin dans les semiconducteurs
- Fondé par Ionel Solomon, provenant du laboratoire Abragam (CEA Saclay) en 1964
- Juste avant l'arrivée de Claudine Hermann :  
**Georges Lampel** découvre en 1968 le **pompage optique dans les semiconducteurs** (silicium)

Anatole  
Abragam



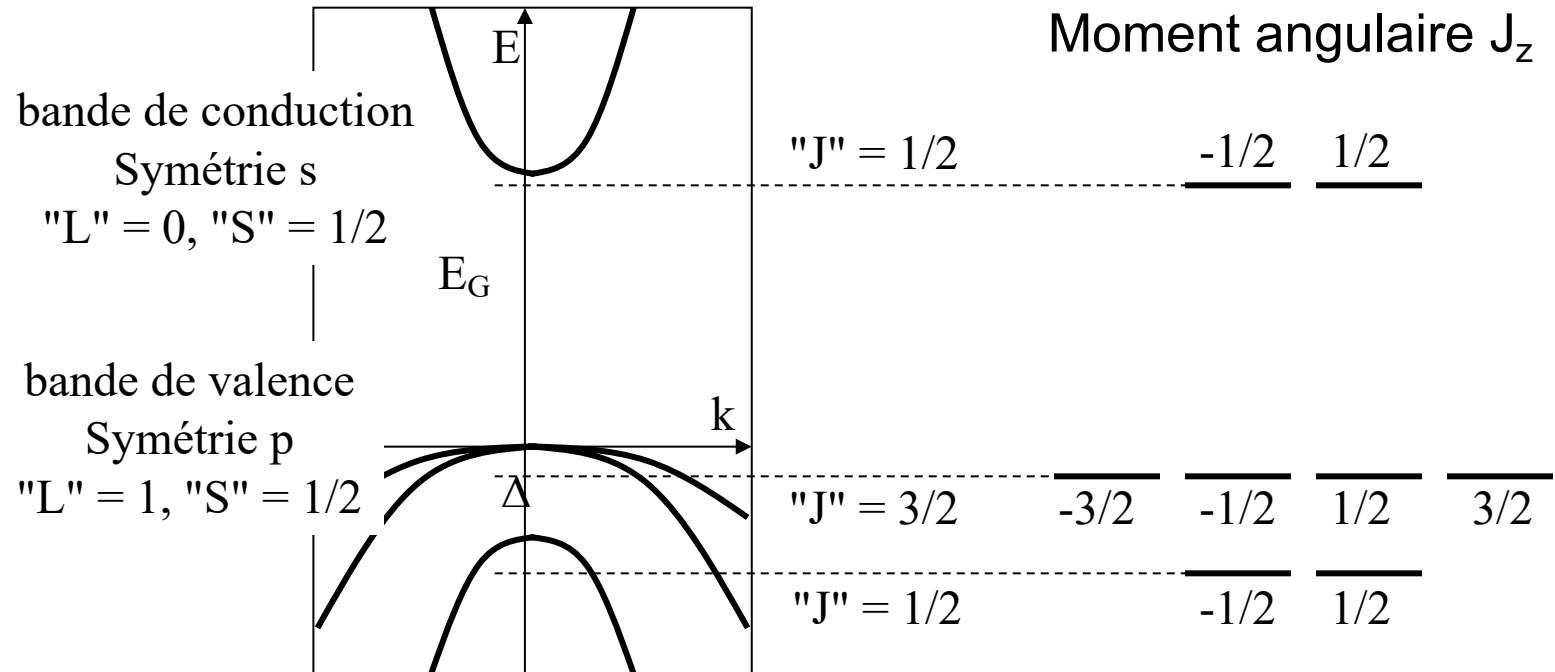
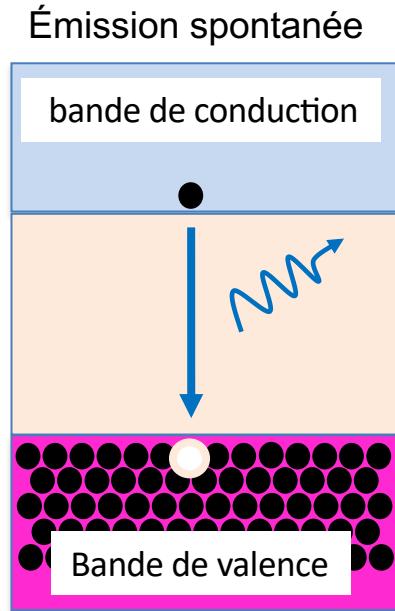
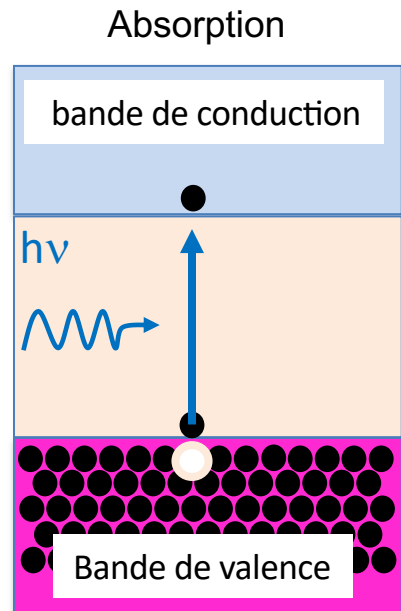
Ionel  
Solomon



Georges  
Lampel

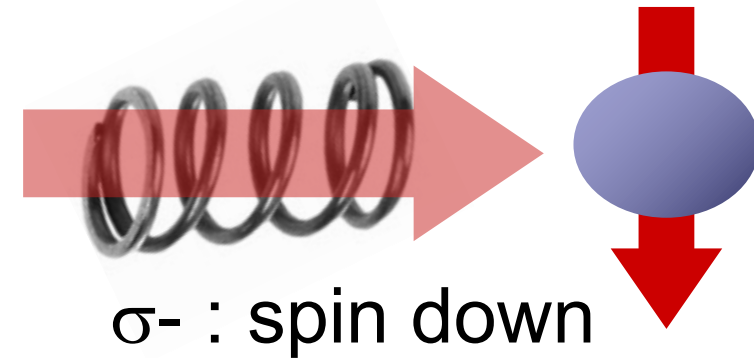
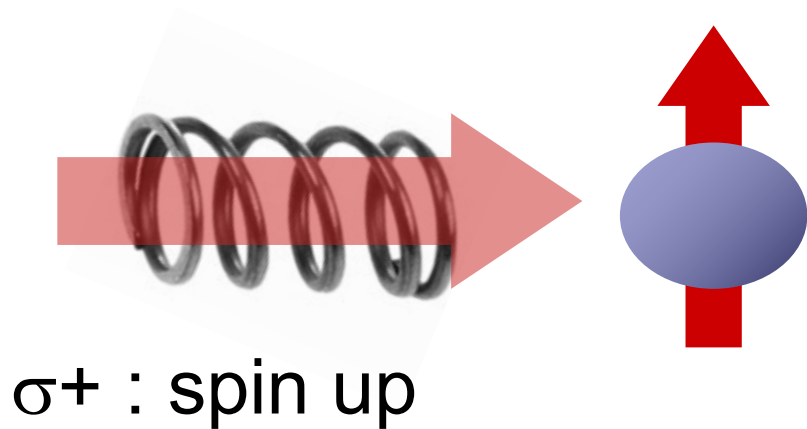


# Electrons, trous dans les semiconducteurs, transitions optiques, symmetries et spin

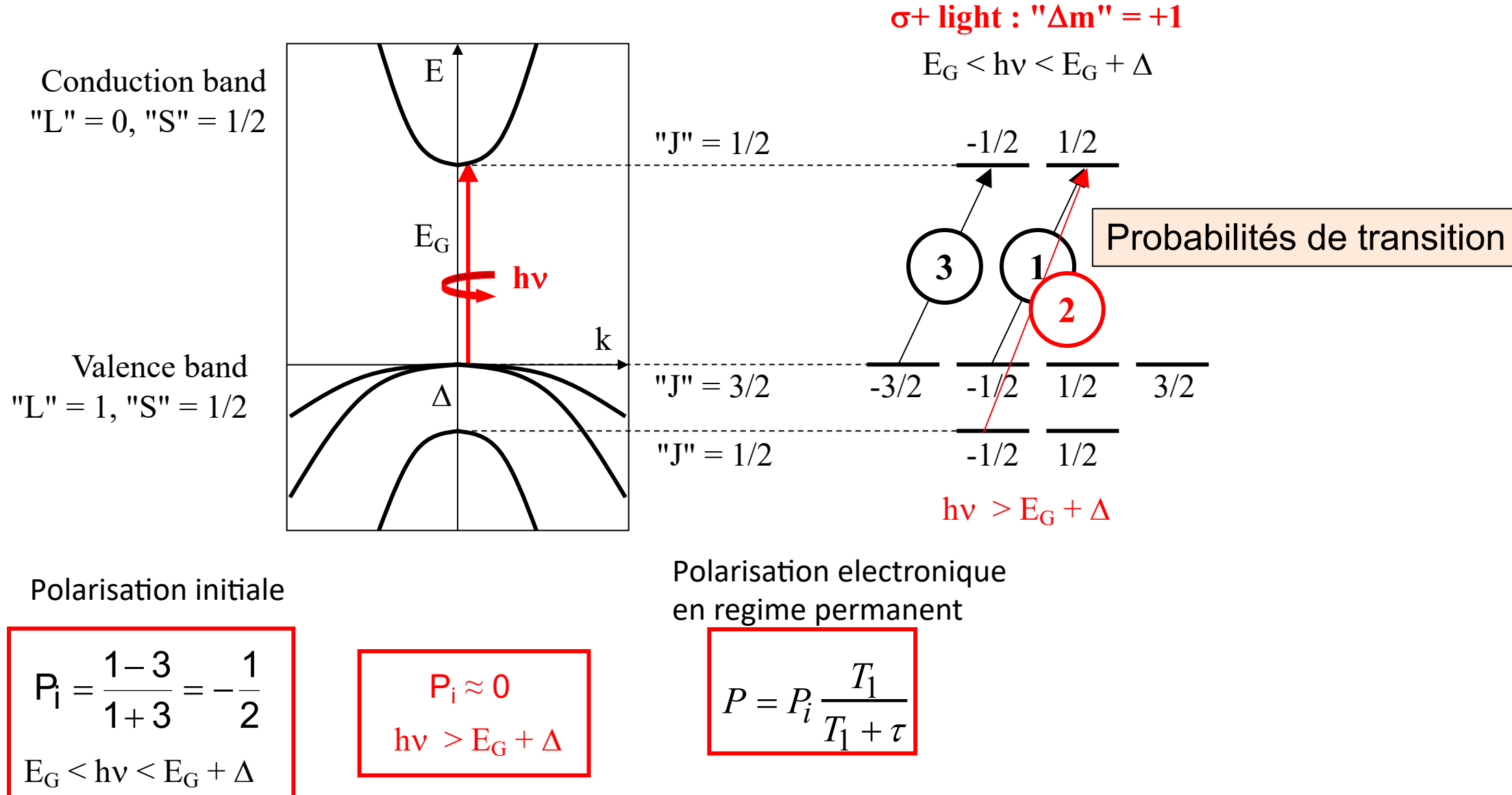


# Le pompage optique

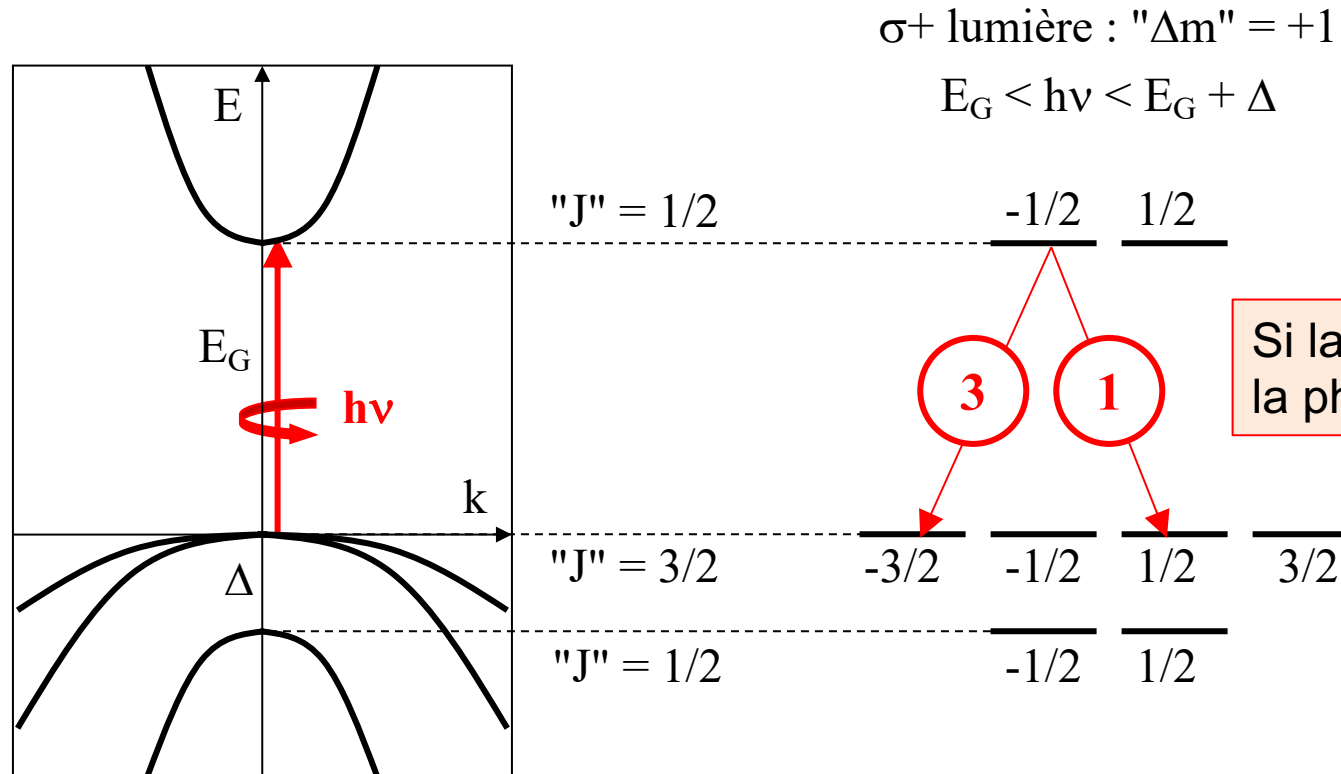
- Les photons d'une lumière polarisée circulairement possèdent un moment angulaire
- Dans une absorption (émission) le moment angulaire est conservé
- L'absorption de lumière polarisée oriente le spin de l'électron
- L'émission par un électron polarisé est polarisée circulairement



## Polarisation électronique par pompage optique



## Polarisation de la lumière de photoluminescence



Si la polarisation électronique est 100%,  
la photoluminescence est polarisée à 50%

Polarisation  
en régime permanent

$$P = P_i \frac{T_1}{T_1 + \tau}$$

Polarisation  
de la photoluminescence

$$P_{lum} = P_i P = P_i^2 \frac{T_1}{T_1 + \tau}$$

$$P_i = \frac{1-3}{1+3} = -\frac{1}{2}$$

# Détection optique de la résonance de spin des électrons de conduction

## Measurement of the $g$ Factor of Conduction Electrons by Optical Detection of Spin Resonance in $p$ -Type Semiconductors

*Phys. Rev. Lett.* **27**, 373 (1971)

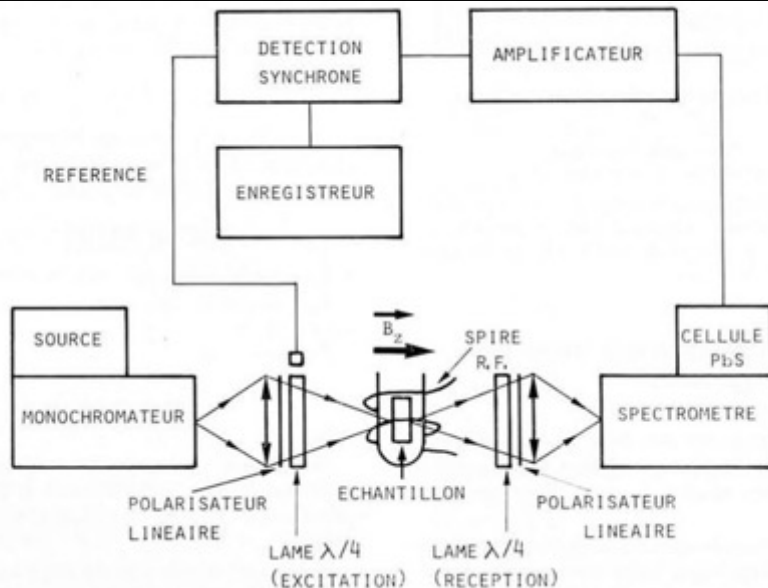
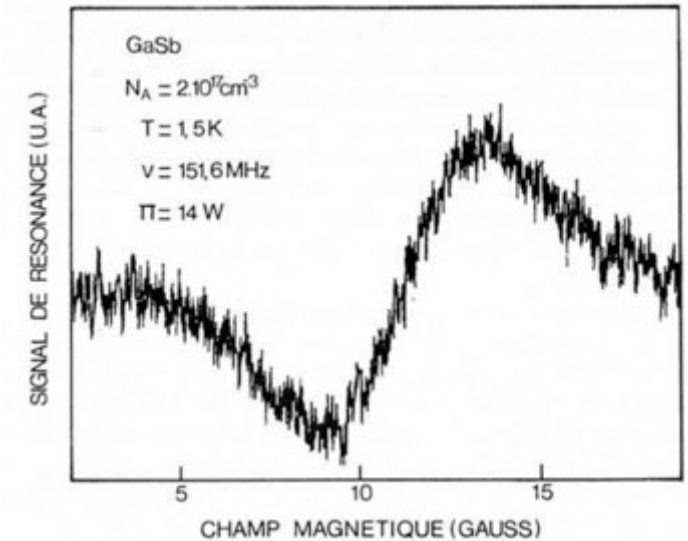
Claudine Hermann and Georges Lampel

Le facteur  $g^*$  de  $10^8$  électrons photocréés au bas de la bande de conduction dans **GaSb** de type  $p$  a été mesuré comme étant  $g^* = 9,3 + 0,3$ . Il est différent de la plupart des déterminations expérimentales précédentes et de la prédiction théorique  $g^*_{th} = 6.6$ .

Dans un champ magnétique  $\mathbf{B}$ , les niveaux de spin des électrons se séparent

$$\Delta E = g^* \mu_B \mathbf{B}, \mu_B \text{ magneton de Bohr} = \frac{e\hbar}{2me}, g^* \text{ facteur de Landé}$$

Si on applique un champ magnétique radiofréquence perpendiculaire resonant,  $\hbar\omega = g^* \mu_B \mathbf{B}$ , on induit des transitions entre les deux niveaux de spin et la polarisation circulaire de la lumière de recombinaison diminue



Cette **nouvelle méthode très efficace** permet de sonder de nombreux matériaux : GaSb, GaAs, InP, CdTe, les alliages  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ,  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ...

Transposition aux solides de la double résonance de Brossel-Bitter dans les vapeurs atomiques



# BAND PARAMETERS OF SEMICONDUCTORS WITH ZINCBLLENDE, WURTZITE, AND GERMANIUM STRUCTURE

*J. Phys. Chem. Solids* Pergamon Press 1963. Vol. 24, pp. 1543–1555.

**MANUEL CARDONA**

RCA Laboratories, Princeton, New Jersey

values of the band parameters at  $\Gamma_{2'}$  and  $\Gamma_{25'}$  (germanium structure),  $\Gamma_{1c}$  and  $\Gamma_{15v}$  (zincblende structure) points for the wurtzite structure ( $\Gamma_1$  for the conduction band,  $\Gamma_9$ ,  $\Gamma_7$ , and  $\Gamma_7$  for the valence band). The effective masses are given in units of the free electron mass.

|              | $m^*(\Gamma_{2'})$<br>or<br>$m^*(\Gamma_{1c})$<br>calc. | $m^*(\Gamma_{2'})$<br>or<br>$m^*(\Gamma_{1c})$<br>exp. | $g^*(\Gamma_{2'})$<br>or<br>$g^*(\Gamma_{1c})$<br>calc. | $g^*(\Gamma_{2'})$<br>or<br>$g^*(\Gamma_{1c})$<br>exp. | $A$<br>calc. | $B$<br>calc. | $C^2$<br>calc. | $m^*(\Gamma_9)$<br>or<br>$m_{lh}^*$<br>calc. | $m^*(\Gamma_9)$<br>or<br>$m_{lh}^*$<br>exp. | $m^*(\Gamma_7)$<br>or<br>$m_{hh}^*$<br>calc. | $m^*(\Gamma_7)$<br>or<br>$m_{hh}^*$<br>exp. | $m^*(\Gamma_7)$<br>or<br>$m_{sh}^*$<br>calc. | $m^*(\Gamma_7)$<br>or<br>$m_{sh}^*$<br>exp. |
|--------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|--------------|--------------|----------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Si           | 0.13                                                    |                                                        | 1.95                                                    |                                                        | -5.2         | -1.7         | 20             | 0.12                                         | 0.16 <sup>(a)</sup>                         | 0.44                                         | 0.52 <sup>(a)</sup>                         | 0.19                                         |                                             |
| Ge           | 0.040                                                   | 0.041 <sup>(a)</sup>                                   | -2.22                                                   |                                                        | -12.1        | -8.0         | 96             | 0.047                                        | 0.045 <sup>(a)</sup>                        | 0.35                                         | 0.35 <sup>(a)</sup>                         | 0.10                                         |                                             |
| $\alpha$ -Sn | 0.0050                                                  |                                                        | -172                                                    |                                                        | -99          | -95          | 1160           | 0.0051                                       |                                             | 0.25                                         | $\sim 0.2$ <sup>(c)</sup>                   | 0.075                                        |                                             |
| GaP          | 0.13                                                    |                                                        | 1.76                                                    |                                                        | -4.7         | -2.6         | 9              | 0.13                                         |                                             | 0.56                                         |                                             | 0.22                                         |                                             |
| InP          | 0.072                                                   | 0.073 <sup>(d)</sup>                                   | 0.60                                                    | 1.26                                                   | -6.3         | -5.3         | 0              | 0.086                                        |                                             | 1.0                                          | 0.4 <sup>(e)</sup>                          | 0.18                                         |                                             |
| GaAs         | 0.084                                                   | 0.07 <sup>(d)</sup>                                    | 0.32                                                    | -0.44                                                  | -5.5         | -4.5         | -1             | 0.10                                         | 0.12 <sup>(d)</sup>                         | 1.0                                          | 0.68 <sup>(d)</sup>                         | 0.21                                         | 0.20 <sup>(d)</sup>                         |
| InAs         | 0.026                                                   | 0.026 <sup>(f)</sup>                                   | -12                                                     | -14.8                                                  | -16.5        | -15.2        | 12             | 0.031                                        | 0.025                                       | 0.82                                         | 0.41 <sup>(d)</sup>                         | 0.11                                         | 0.083 <sup>(d)</sup>                        |
| AlSb         | 0.11                                                    |                                                        | 0.4                                                     |                                                        | -4.8         | -4           | -5             | 0.12                                         |                                             | 1.1                                          | 0.9 <sup>(e)</sup>                          | 0.27                                         |                                             |
| GaSb         | 0.046                                                   | 0.047 <sup>(e)</sup>                                   | -6.1                                                    | -9.25                                                  | -10.2        | -8.6         | 16             | 0.053                                        | 0.06 <sup>(d)</sup>                         | 0.71                                         | 0.3 <sup>(e)</sup>                          | 0.16                                         |                                             |
| InSb         | 0.0152                                                  | 0.0155 <sup>(g)</sup>                                  | -44                                                     | -51.3                                                  | -31.5        | -29.3        | 113            | 0.016                                        | 0.012 <sup>(e)</sup>                        | 0.53                                         | 0.25 <sup>(d)</sup>                         | 0.12                                         |                                             |

“In Table 2 we list the estimated values of  $m^*$  and  $g^*$ . We have taken  $P^2 = 23$  eV for group IV and III-V materials since this value gives the best agreement between experimental and calculated data. “

# PHYSICS OF SEMICONDUCTORS

13th International Conference

Rome, August 30 - September 3, 1976

NEW CESR RESULTS IN III-V COMPOUNDS AND ALLOYS :  
A CRITICAL REEXAMINATION OF THE USE OF  $\vec{k} \cdot \vec{p}$  THEORY

C. HERMANN, G. LAMPEL and C. WEISBUCH  
Laboratoire de Physique de la Matière Condensée,<sup>†</sup>  
Ecole Polytechnique, 91120 Palaiseau, France

Our recent values of  $g^*$  in pure III-V compounds, together with previously measured effective masses, allow us to determine accurate values of the interband matrix element  $P^2$  in these semiconductors. Using these values we show that unmodified  $\vec{k} \cdot \vec{p}$  perturbation theory is valid in alloys to interpret our  $g^*$  results as well as  $m^*$  datas.

In the framework of  $\vec{k} \cdot \vec{p}$  perturbation theory the effective mass  $m^*$  and Landé  $g$ -factor at the  $\Gamma_1^C$  conduction band minimum of a cubic semiconductor are given by<sup>1</sup> :

$$\frac{m_0}{m^*} - 1 = \frac{P^2}{3} \left( \frac{2}{E_0} + \frac{1}{E_0 + \Delta_0} \right) - \frac{P'^2}{3} \left( \frac{2}{E(\Gamma_8^C) - E_0} + \frac{1}{E(\Gamma_7^C) - E_0} \right) + C \quad (1)$$

$$\frac{g^*}{g_0} - 1 = - \frac{P^2}{3} \left( \frac{1}{E_0} - \frac{1}{E_0 + \Delta_0} \right) - \frac{P'^2}{3} \left( - \frac{1}{E(\Gamma_8^C) - E_0} + \frac{1}{E(\Gamma_7^C) - E_0} \right) + C' \quad (2)$$

$$\text{where } P^2 = (2/m_0) |\langle S | p_x | X(\Gamma_5^V) \rangle|^2$$

$$P'^2 = (2/m_0) |\langle S | p_x | X(\Gamma_5^C) \rangle|^2$$

1976 Session de physique théorique

Président de la session théorique



Manuel Cardona

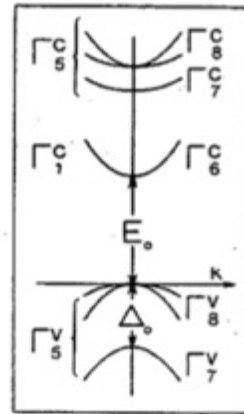


Fig.1 : Schematics of the band structure near  $k=0$  in a zinc-blende semiconductor.

|                   | GaAs          | GaSb          | InSb          | InAs          | InP         |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|
| $m^*/m_0$         | 0.0667        | 0.041         | 0.0139        | 0.0230        | 0.0803      |
| $g^*$             | - 0.44        | - 9.25        | - 51.3        | - 14.8        | + 1.26      |
| $P^2(\text{eV})$  | 28.9<br>± 0.9 | 27.9<br>± 0.6 | 24.4<br>± 0.6 | 22.2<br>± 0.5 | 20.5<br>± 1 |
| $P'^2(\text{eV})$ | 6             | 9             | 10.5          | 0.3           | 2           |
| %                 | 80            | 80            | 90            | 90            | 80          |

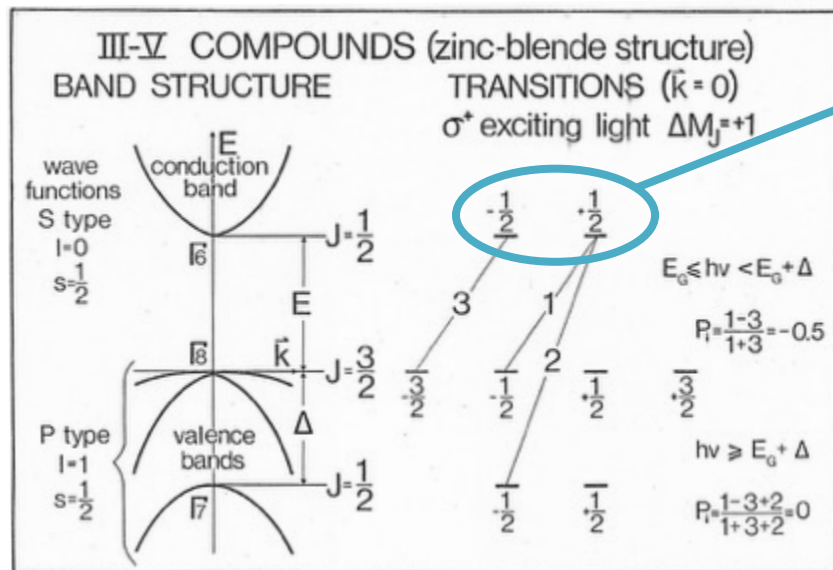
13th Conference on the Physics of Semiconductors, Rome, 1976,  
Safarov, C. Hermann, C. Weisbuch, G. Lampel and A. Nakamura



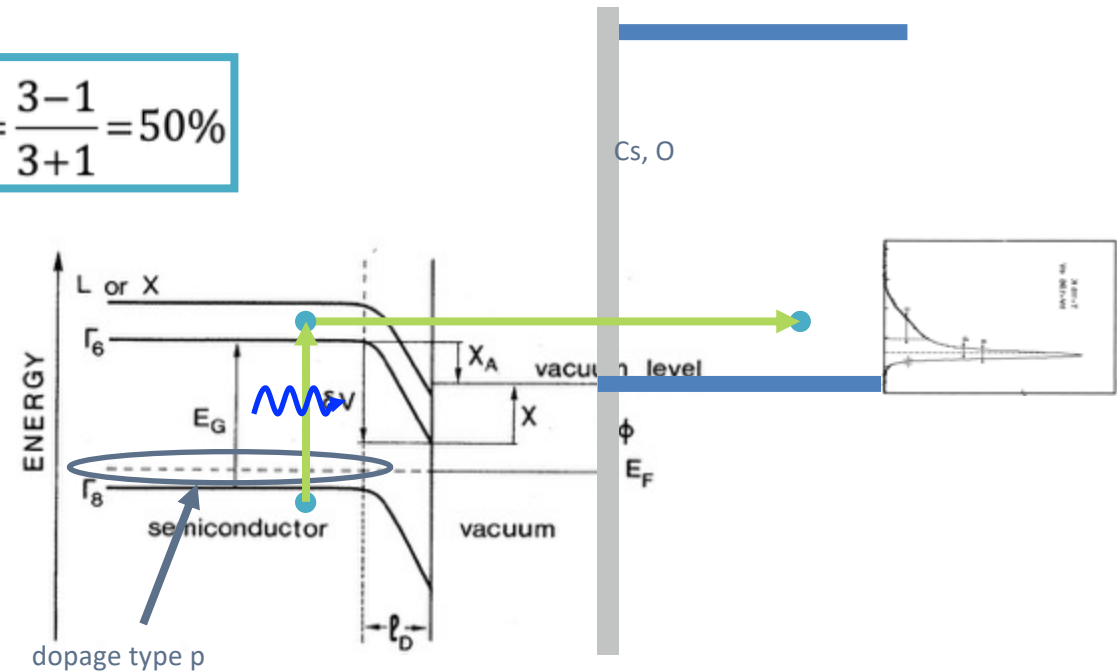
# Source d'électrons polarisés en affinité électronique négative

Idée originale G. Lampel et C. Weisbuch (Ecole Polytechnique) et simultanément D.T. Pierce, Meier, et Siegmann, ETHZurich 1974

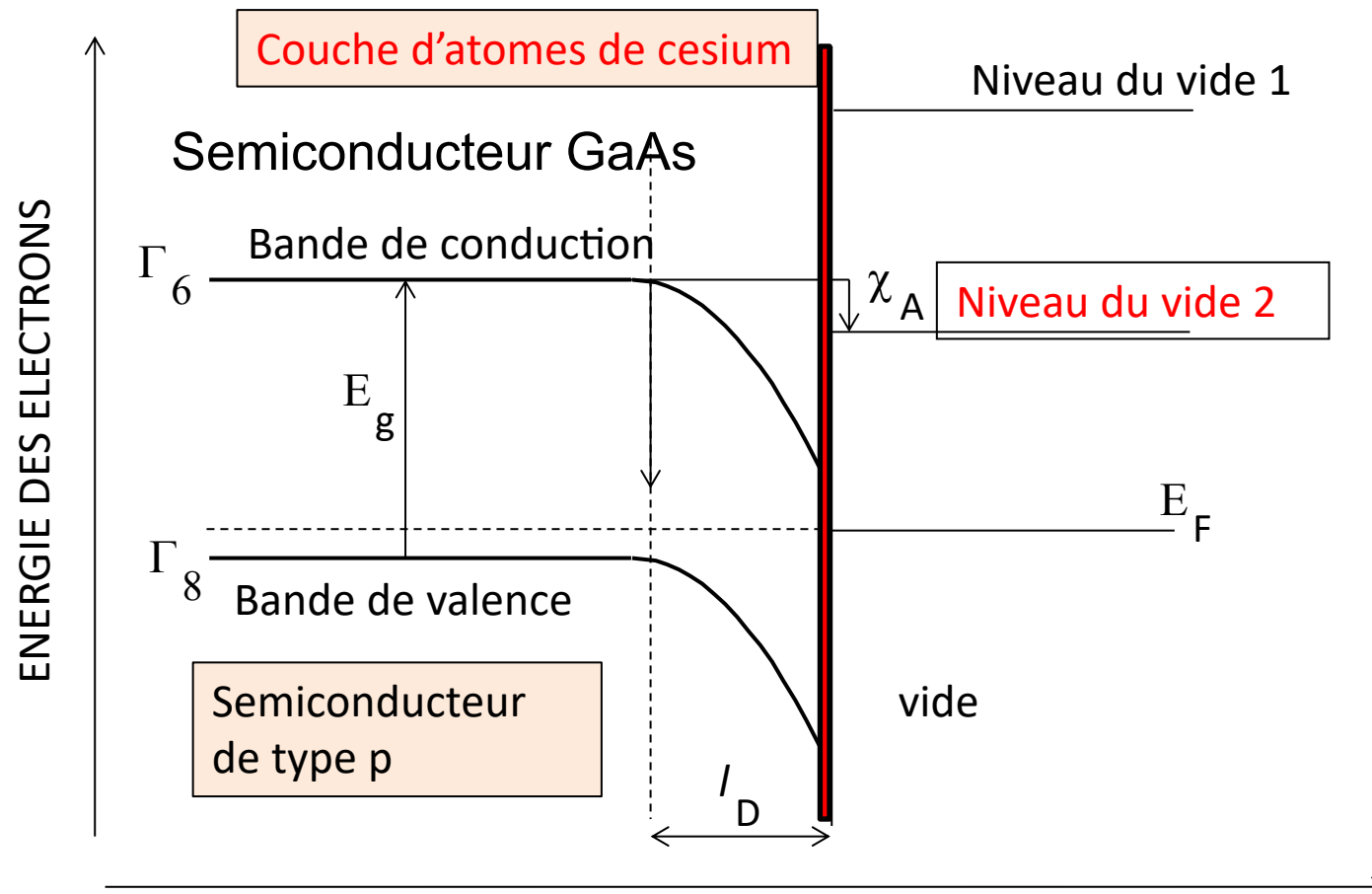
Première démonstration, D.T. Pierce, F. Meier et P. Zürcher, ETHZurich 1975



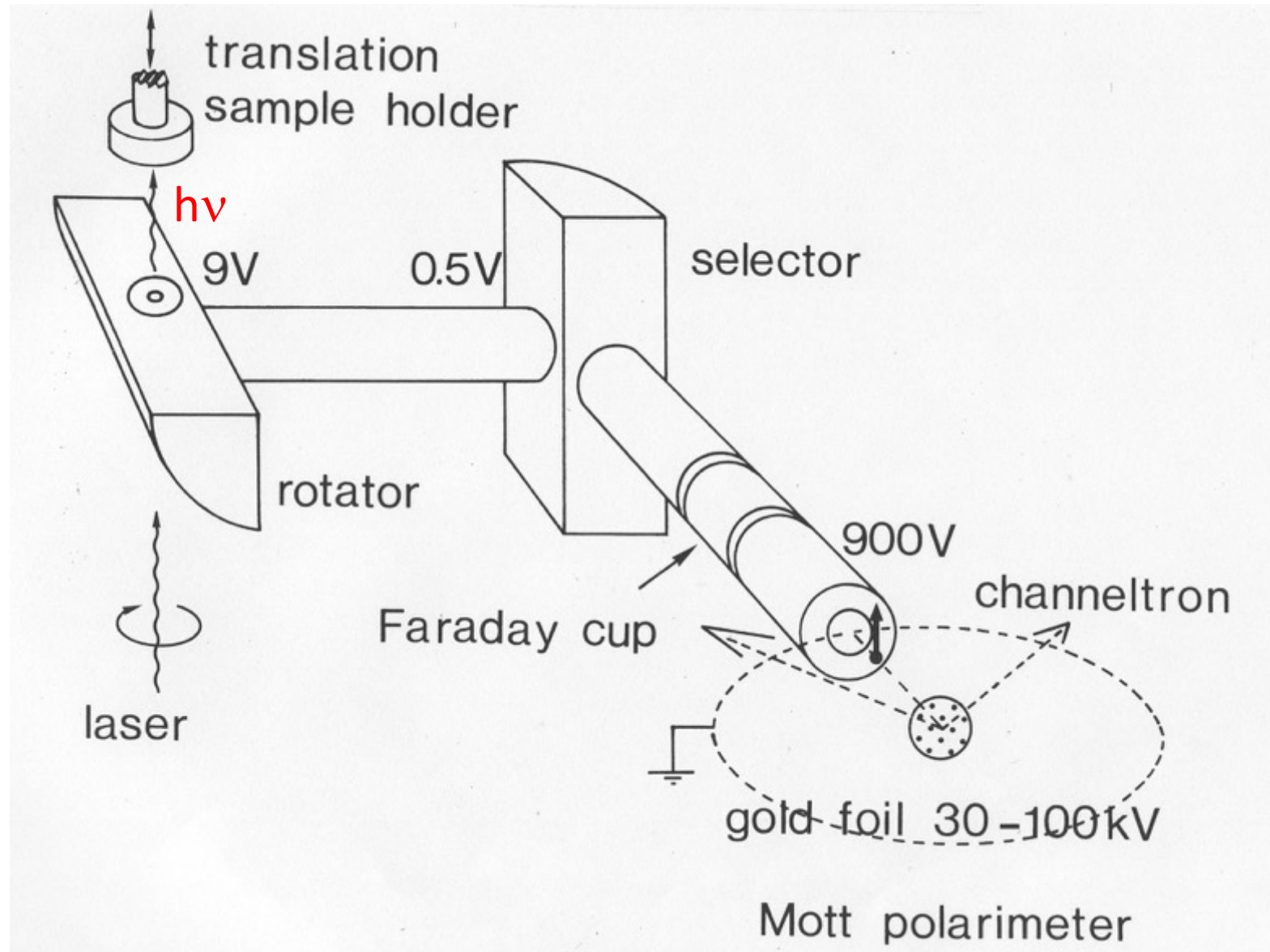
$$P_{\max} = \frac{3-1}{3+1} = 50\%$$



## Affinité électronique negative ?



# Source électrons polarisés en affinité électronique négative



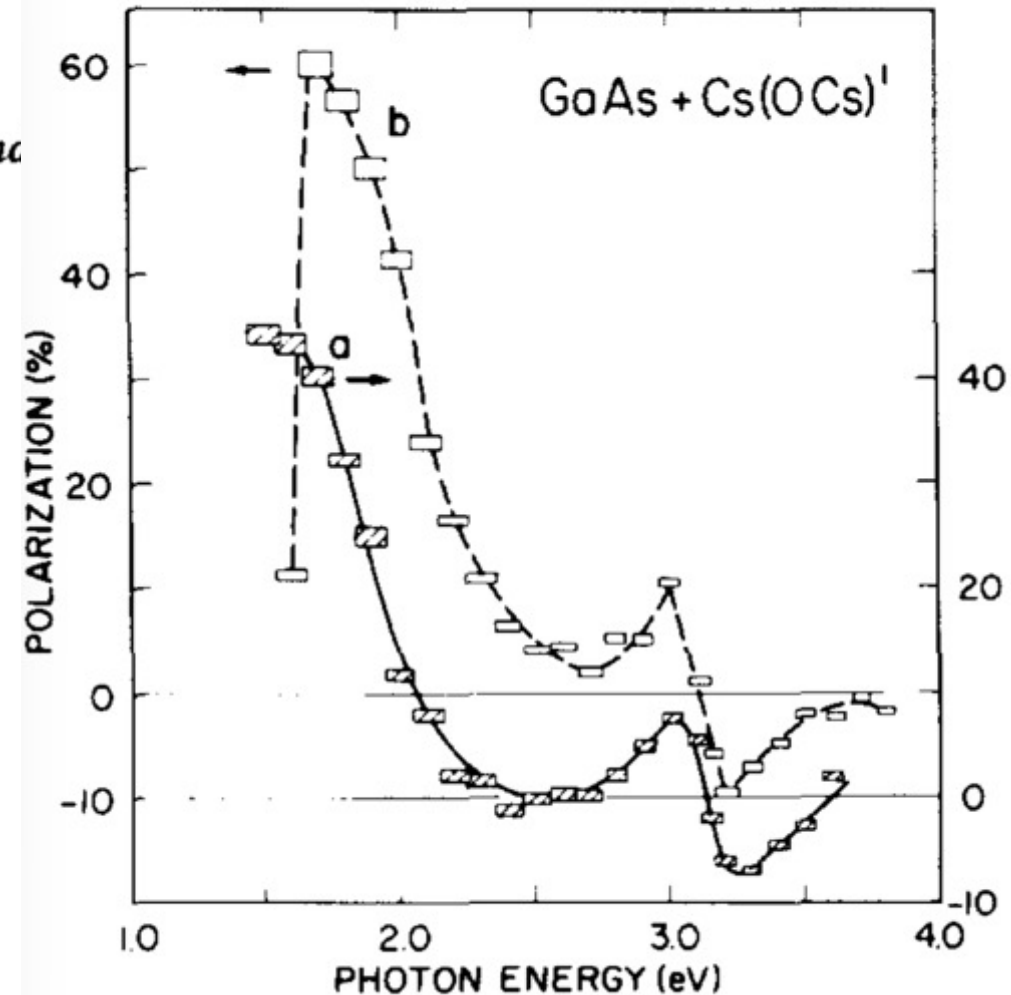
# Negative electron affinity GaAs: A new source of spin-polarized electrons

D. T. Pierce,\* F. Meier, and P. Zürcher

*ETH-Laboratorium für Festkörperphysik, 8049 Zürich, Switzerland*

(Received 7 March 1975)

Applied Physics Letters, 26, 670 (1975)



# PARITY NON-CONSERVATION IN INELASTIC ELECTRON SCATTERING ☆

C.Y. PRESCOTT, W.B. ATWOOD, R.L.A. COTTRELL, H. DeSTAEBLER, Edward L. GARWIN,  
A. GONIDEC <sup>1</sup>, R.H. MILLER, L.S. ROCHESTER, T. SATO <sup>2</sup>, D.J. SHERDEN, C.K. SINCLAIR,  
S. STEIN and R.E. TAYLOR

*Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA*

J.E. CLENDENIN, V.W. HUGHES, N. SASAO <sup>3</sup> and K.P. SCHÜLER

*Yale University, New Haven, CT 06520, USA*

M.G. BORGHINI

*CERN, Geneva, Switzerland*

K. LÜBELSMEYER

*Technische Hochschule Aachen, Aachen, West Germany*

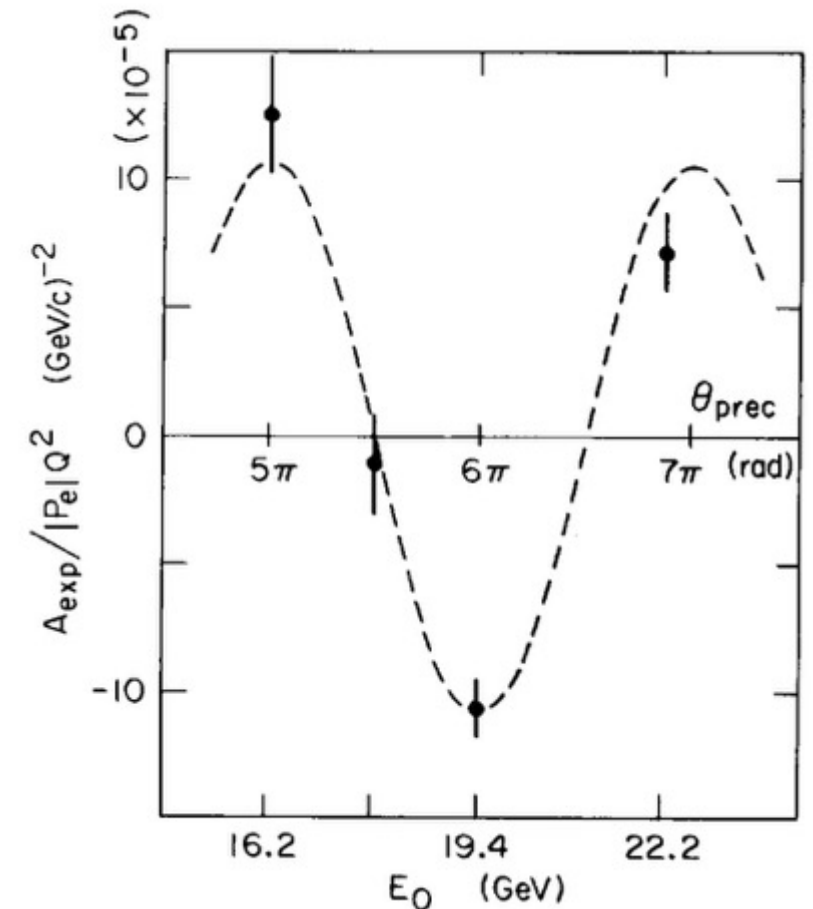
and

W. JENTSCHKE

*II. Institut für Experimentalphysik, Universität Hamburg, Hamburg, West Germany*

an important verification of the  
Standard Model

PHYSICS LETTERS 77B, 347(1978)

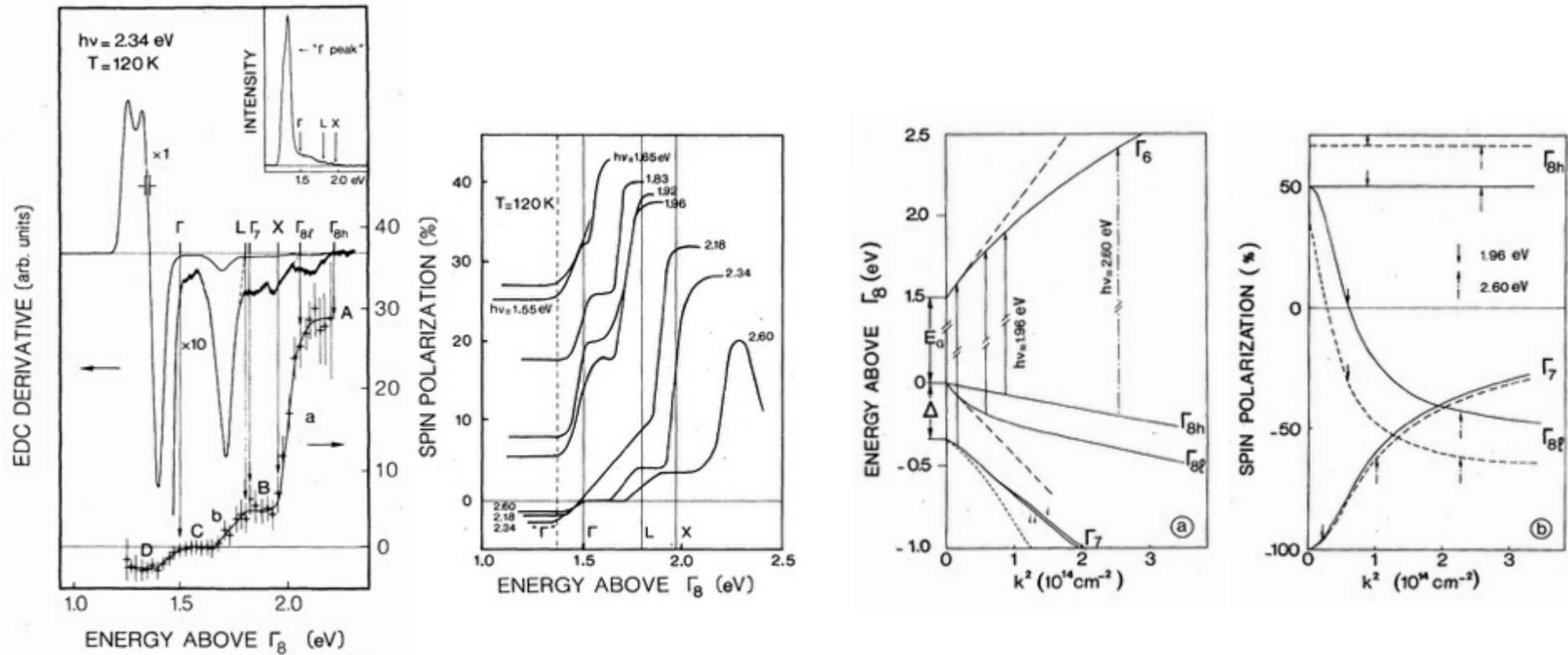


The experimental asymmetry shows the expected variation (dashed line) as the beam helicity changes as a function of beam energy due to the  $g - 2$  precession in the beam transport system.

## Spectre distribution énergétique



## Polarisation, fine analyse des mécanismes de relaxation du spin



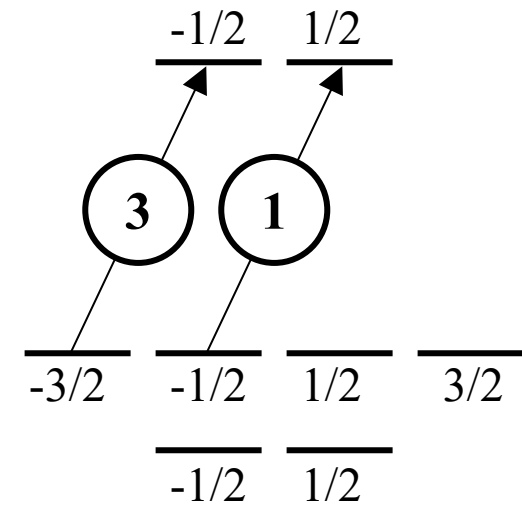
# Comment augmenter la polarisation des électrons?

Une contrainte mécanique sépare les bandes de trous: on peut exciter selectivement à partir d'une seule bande

2 $\mu$ m GaAs contraint sur CaF<sub>2</sub>, échantillon LAAS Toulouse

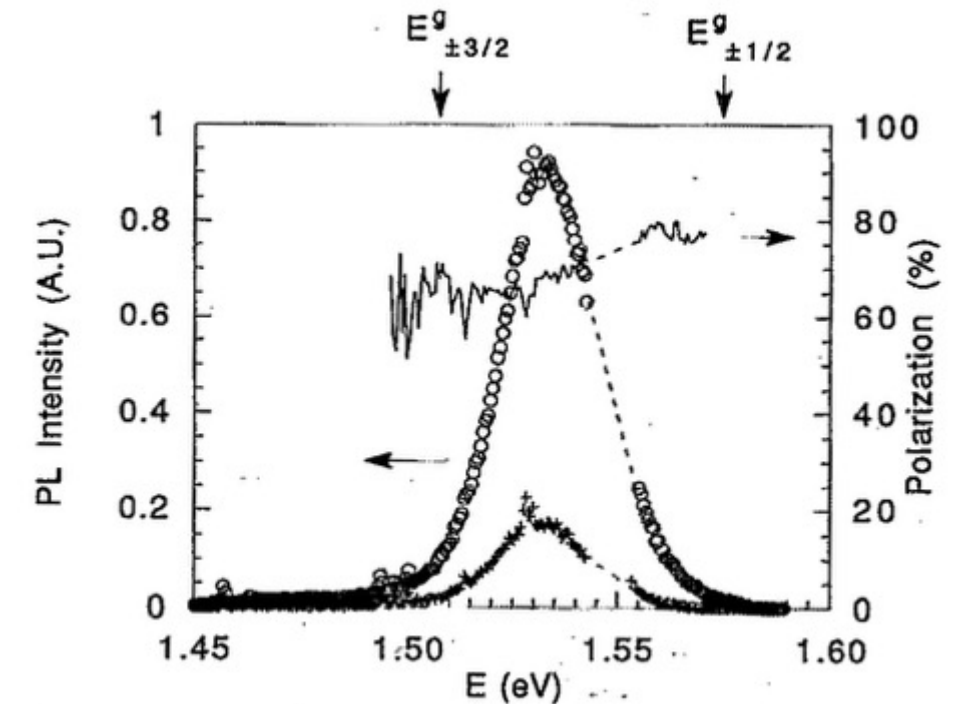
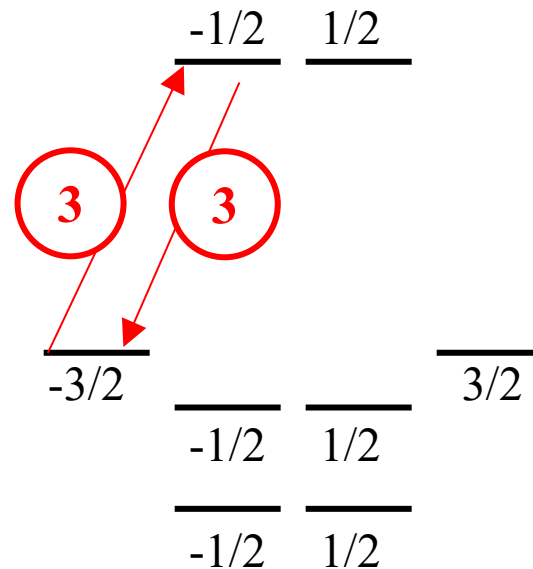
**$\sigma^+$  light** : " $\Delta m$ " = +1

$$E_G < h\nu < E_G + \Delta$$



**$\sigma^+$  light** : " $\Delta m$ " = +1

$$E_G + 3/2 < h\nu < E_G + 1/2$$



Applications des sources à électrons polarisés :

## Physique des particules

- Electrons polarisés uniquement

**Violation de parité, motivation initiale**

**C. Y. Prescott, et al 1978**

- Electrons et cible polarisés

Hadron momentum transfer

- Electrons et positrons polarisés

## Microscopie électronique, matériaux magnétiques

- N. Vinogradov et al., Argonne National Laboratory
- A. Schmidt, Berkeley National Lab
- ...

## Accélérateurs

- CEBAF, Jefferson Lab
- Mainz Microtron
- ELSA, Bonn University
- Darmstadt University
- MIT-Bates
- SLAC, Stanford
- Nagoya JLC

## Claudine Hermann enseignante

1969,-1980 ENS "Sèvres" agrégée- préparatrice à l'ENSJF (« caïmane »), supervisant les leçons et les montages d'expériences des étudiants normaliens, sévriennes ou auditeurs libres

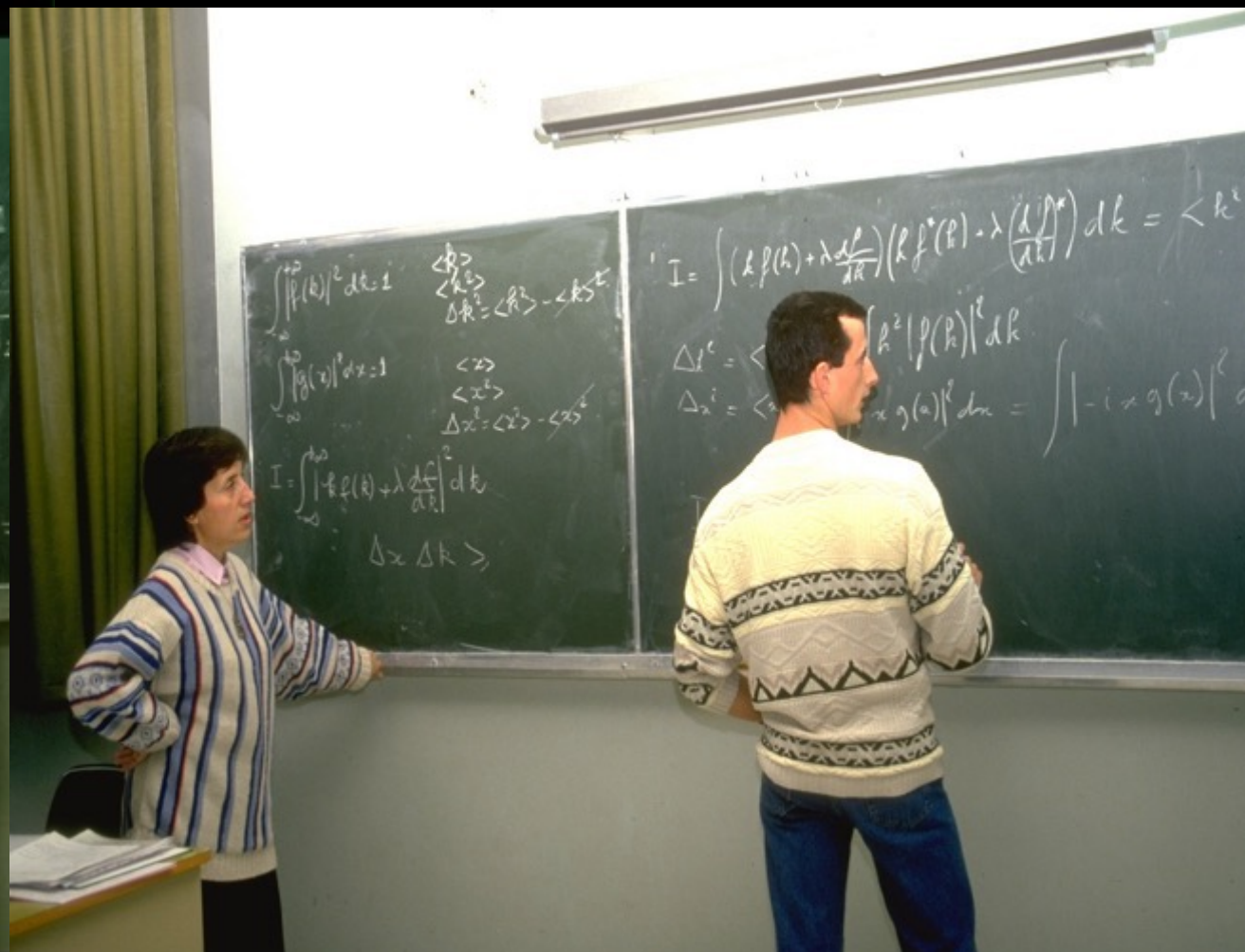
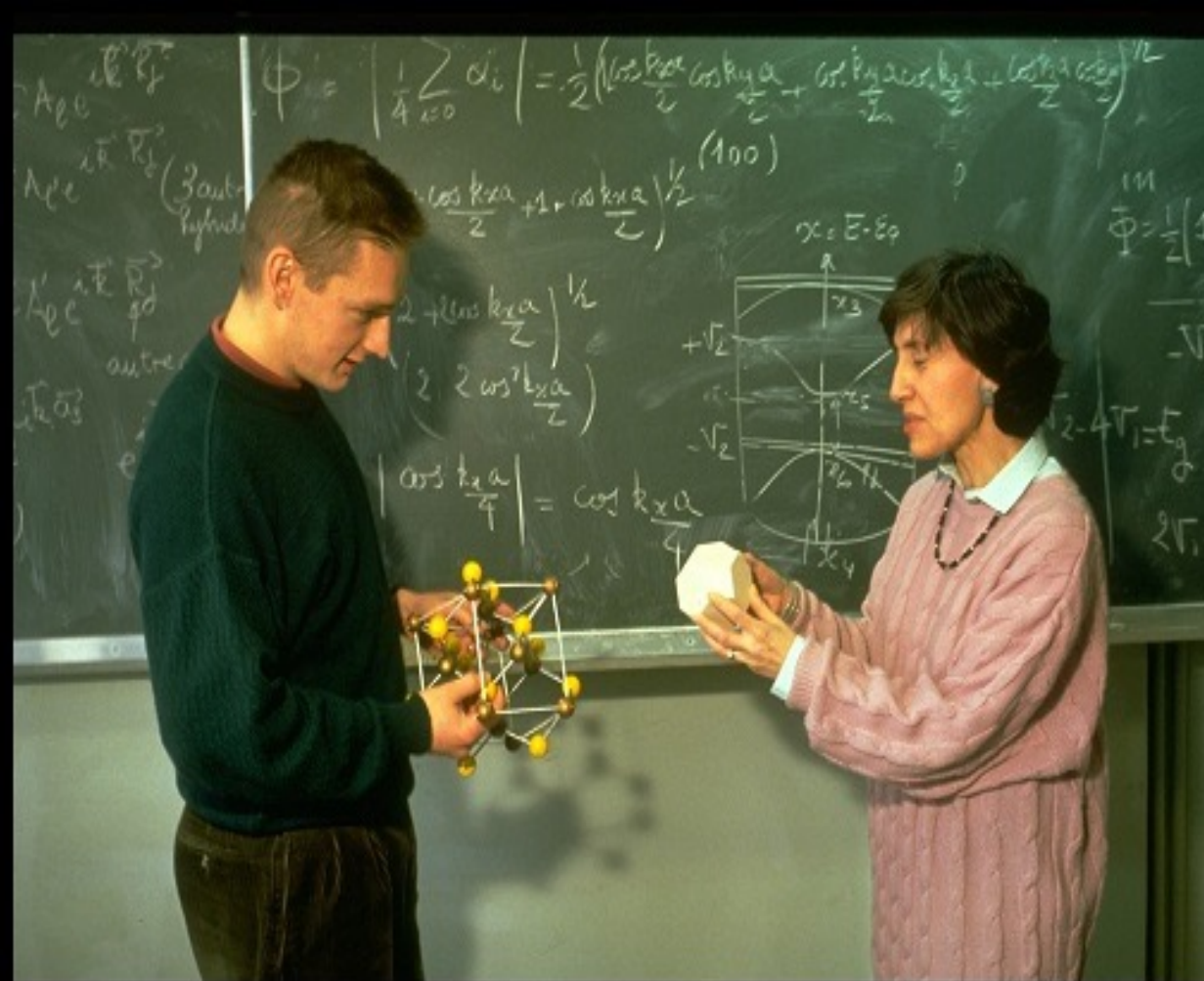
En 1974, à la fin de son exposé dans une conférence française à Montpellier, j'entends derrière moi une voix avec un fort accent du midi : "peuchère, c'est aussi beau qu'une leçon d'agrégation". Effectivement ...

1980, Claudine devient maîtresse de conférences à plein temps à l'École polytechnique (enceinte de 6 mois, mécontentement du général commandant l'École à l'époque, nécessitera un réaménagement de ses cours pour le second semestre).

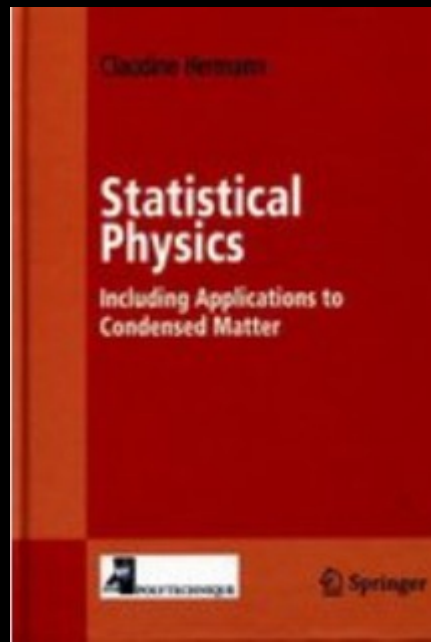
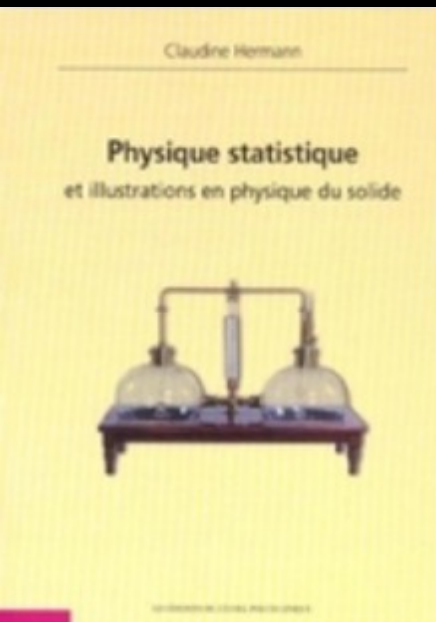
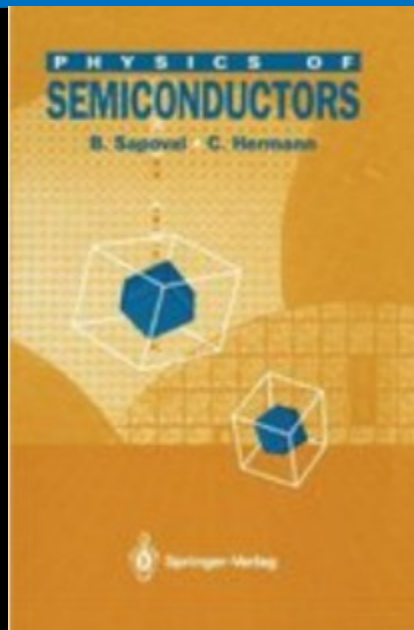
Au début, les élèves sont un peu surpris d'avoir une enseignante. Ils sont alors peu nombreux à ses premières petites classes (les séances de compléments de cours). Très vite, ils se rendent compte de leur erreur. Elle sensibilise déjà les élèves-filles au défi du plafond de verre et les invite à s'engager pour le faire voler en éclats. Elle insiste auprès de ses élèves, garçons ou filles : "dites à vos petites sœurs d'aller vers les sciences. C'est aussi fait pour elles".

1992 Accession au poste de professeure de l'École polytechnique Il aura fallu 20 ans pour que les filles de l'école (admises à partir de 1972) aient face à elles une professeure.

# L'enseignante : en petite classes a l'Ecole Polytechnique



# Dernier amphi x 2005



# Promotion des femmes en sciences

Première femme nommée professeure à l'École polytechnique, Claudine devient alors une figure de la promotion des femmes en sciences.

Elle répond sans relâche à de nombreuses sollicitations pour intervenir à des colloques, conférences, débats, débutant ainsi une activité intense pour promouvoir les filles et les femmes en sciences à tous les niveaux – institutionnels, politiques, et aussi à la base, allant au-devant des filles à tous les niveaux d'enseignement. En témoignent les courriers qu'elle adresse aux généraux successifs commandant l'Ecole polytechnique pour les informer des différentes actions qu'elle mène, en France ou à l'étranger.

Elle tient à toucher les filles de toutes les catégories sociales, et va dans les collèges et les lycées pour aborder le sujet, encourager les filles et les pousser en avant.

Pour porter le débat public, elle produit des analyses de la situation des femmes scientifiques avec la même rigueur que celle qu'elle a démontrée dans son activité de physicienne

1996 "Woman physicist, still an exotic job", conférence au British Council, 5 juillet (archives de l'Ecole Polytechnique)  
Elaboration de statistiques sur la place des femmes dans les classes préparatoires (1997) et les grandes écoles scientifiques (1998).

2000 Rapport « Les enseignants-chercheurs à l'université, la place des femmes » MNESR, rapport à demain la parité avec Noria Boukhobza, Huguette Delavault.

2001 « Femmes et sciences, en Europe et en France », Sciences, revue de l'AFAS, 2002

*Claudine Hermann<sup>1</sup> and Françoise Cyrot-Lackmann<sup>2</sup>*

---

<sup>1</sup> *Laboratoire de Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique*  
<claudine.hermann@polytechnique.fr>

<sup>2</sup> *Laboratoire d'Etudes des Propriétés Electroniques des Solides* <fcyrot@grenoble.cnrs.fr>

## **Argument**

In France 15 per cent of university professors are women. Though this percentage is not high, France ranks among the top European countries in this regard. We argue that the “relatively favorable” situation of French women scientists is related to the social structure of French society, in particular its child-care system, and to the stable permanent positions in academia, where people are hired in their early thirties. French women scientists experience less difficulty than other European colleagues to manage both a private and a professional life. We also argue that the weak position of French gender studies stems from its lack of institutionalization, and from the isolation of the single researchers in their specialized disciplines. Finally we argue that the French recent interest in the issue of women and science is specifically related to the general interest, since the mid-1990s, in the political parity problem.

Introduction de l'article de 2002 publié dans *Science in Context* 15(4), 529–556 (2002). Traduction partielle : En France, 15 % des professeurs d'université sont des femmes. Bien que ce pourcentage ne soit pas élevé, la France se classe parmi les premiers pays européens à cet égard. Nous soutenons que la situation « relativement favorable » des femmes scientifiques françaises est liée à la structure sociale de la société française, en particulier à son système de garde d'enfants, et à la stabilité des postes permanents dans le milieu universitaire, où les personnes sont embauchées dès la trentaine.

# Organisatrice pour la promotion des femmes en sciences

Crée l'association Femmes & Sciences, en 2000 avec Françoise Cyrot-Lackmann, Huguette Delavault, Françoise Gaspard, Colette Kreder et l'association Femmes et Mathématiques. Elle en est la première présidente, puis présidente d'honneur à partir de 2004.

Nommée en 2000 dans l'équipe "Femmes et sciences" à la direction générale de la Recherche de la Commission Européenne, équipe composée de fonctionnaires représentant tous les États. Contribue activement au rapport pionnier du réseau ETAN (réseau européen pour l'évaluation de la technologie) "Intégrer la dimension du genre, un facteur d'excellence en 2000".

Création de l'EPWS (European Platform of Women Scientists), vice-présidente de 2009 à 2017 et présidente de 2017 à 2021.

2002 Co-organisatrice à Paris en 2002 de la première conférence "Women in Physics" de l'International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP).

Claudine était féministe comme elle le disait elle-même en 2013 : "souvent les jeunes filles me demandent si je suis féministe. Si être féministe c'est vouloir que les femmes trouvent leur juste place dans la société, oui! .

# Organisatrice pour la promotion des femmes en sciences

2011 Femmes & Sciences BNF



2010 Sénat Paris Femmes & Sciences 10 ans



2018 EPWS Donne & Scienza Pisa



2016 CA Femmes & Sciences



2017 Montpellier F&S



2012 Bruxelles EPWS



## Remerciements slides

Hélène Perrin Université Sorbonne Paris Nord, Villetaneuse  
Romuald Houdré, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

## Pour en savoir plus

Claudine Hermann, physicienne de talent et militante infatigable  
Un engagement pionnier pour une juste place des femmes en sciences  
Kees van der Beek, Claude Weisbuch et Dominique Chandesris

Disponible à <https://www.refletsdelaphysique.fr/articles/refdp/pdf/2022/01/refdp202271p34.pdf>

[https://fr.wikipedia.org/wiki/Claudine\\_Hermann](https://fr.wikipedia.org/wiki/Claudine_Hermann)

Sur les photocathodes pour électrons polarisés

USPAS Course on Photocathode Physics John Smedley, BNL and Matt Poelker, TJNAF

[https://uspas.fnal.gov/materials/12UTA/Cathode\\_3.pdf](https://uspas.fnal.gov/materials/12UTA/Cathode_3.pdf)

# Conclusions

On peut faire une carrière

C'est plus difficile

Participez à Femmes & sciences

On doit aider les jeunes, continument

- Il ne suffit pas de diriger les thèses
- Il faut les aider dans l'après-thèse, car l'environnement est de plus en plus difficile